

**SCIENCE TECH: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi****Volume : 6, No. 1, Februari 2020, hal. 10-16****ISSN : 2460-6286 (Print)****ISSN : 2579-3624 (Online)****Analisis Mikrotremor Untuk Mengevaluasi Kerentanan Gempabumi Ruangan Prodi Pend Fisika UST*****Microtremor Analysis To Evaluate Earthquakes Vulnerability of UST-Physics Education Study Program Buildings*****Urip Nurwijayanto Prabowo<sup>1</sup>, Widodo Budhi<sup>2</sup>, Ayu Fitri Amalia<sup>3</sup>****Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman<sup>1</sup>***urip.np@unsoed.ac.id<sup>1</sup>***Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa<sup>2</sup>***ayufitriamalia@ustjogja.ac.id<sup>2</sup>***Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa<sup>3</sup>***widodo@gmail.com<sup>3</sup>****Abstract***

*The UST-Physics Education Study Program Building is a place for lecture activities as well as administrative and lecturer work rooms. This building is located in the city of Yogyakarta, which is an area with a high intensity of earthquake events so that a study on the buildings vulnerability to earthquakes is needed. In this study, we carried out microtremor measurements from the Physics Education Study Program building and then analyzed the measurements using the Floor Spectral Ratio (FSR) method. The results of the analysis then compared with the classification set in SNI 2002 on procedures for planning earthquake resistance. The average natural frequency of the UST Physics Education Study Program building in the east-west microtremor component was 3.18 Hz and in the north-south component was 3.22 Hz so that it was in accordance with the Standard of Earthquake Resilience Planning for Building Structures of SNI Building (2002) ( $< 2.78$  Hz). Resonance index for UST Physics Education Study Program building ranged from 103.40-136.05% so that it is included in the low category.*

***Keywords: FSR, Microtremor, Resonance, UST******Abstrak***

Bangunan Prodi Pend Fisika UST merupakan bangunan yang menjadi tempat kegiatan perkuliahan serta ruangan kerja tata usaha dan dosen. Gedung ini terletak di Kota Yogyakarta yang merupakan daerah dengan intensitas kejadian gempabumi yang tinggi sehingga diperlukan adanya suatu kajian mengenai kerentanan bangunan terhadap gempabumi. Pada penelitian dilakukan pengukuran gelombang mikrotremor dari bangunan Prodi Pend Fisika yang kemudian dianalisis menggunakan metode Floor Spectral Ratio (FSR). Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang ditetapkan pada SNI 2002 tentang tata cara perencanaan ketahanan bangunan gempa. Hasil Fekkuensi natural rata-rata ruangan prodi Pend Fisika UST pada komponen barat-timur adalah 3,18 Hz dan pada komponen utara-selatan adalah 3,22 Hz sehingga sudah sesuai dengan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI (2002) yaitu lebih dari 2,78 Hz. Indeks Resonansi ruangan prodi Pend Fisika UST berkisar antara 103,40-136,05% sehingga termasuk dalam kategori rendah

mengalami resonansi saat terjadi gempa bumi. Indeks kerentanan bangunan ruangan Prodi Fisika berkisar antara 4,24-18,79 dengan nilai terendah terdapat pada ruangan kelas R. 218.

**Kata Kunci: FSR, Mikrotremor, Resonansi, UST**

## **Pendahuluan**

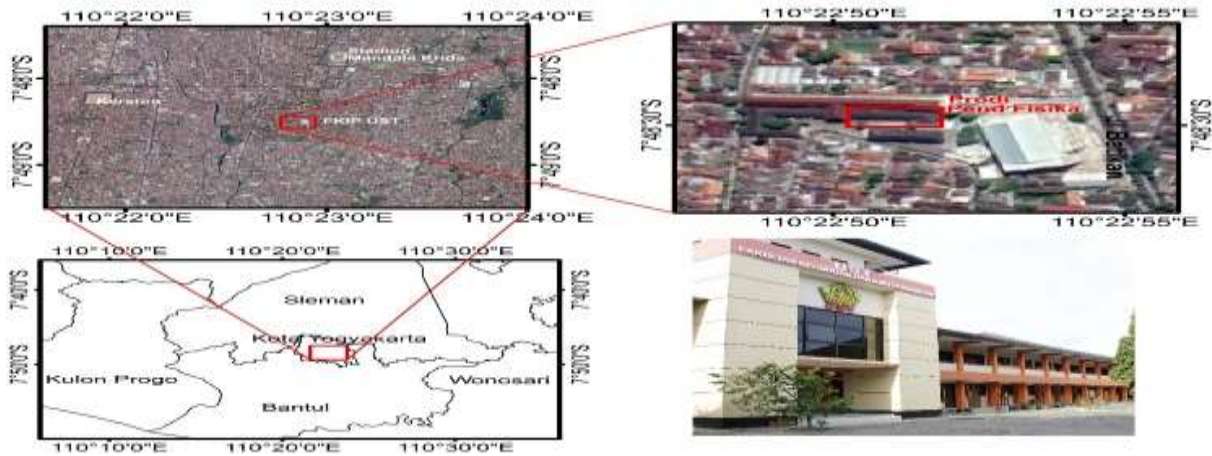
Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan daerah rawan bencana gempa bumi karena letaknya berdekatan dengan daerah pertemuan antara lempeng Eurasia dan lempeng Hindia Australia (Broptopuspito, dkk., 2006). Bencana gempa bumi merusak di DIY pernah terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 dengan magnitudo 6,2 Mw dan menyebabkan kerusakan parah di DIY dan korban jiwa (Elnashai, dkk., 2006).

Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa (UST) terletak di Yogyakarta yang merupakan daerah rawan gempa bumi sehingga pembuatan bangunan di universitas ini harus memenuhi standar bangunan tahan gempa sesuai dengan SNI 2002 tentang tata cara perencanaan ketahanan bangunan gempa. Pada penelitian ini telah dilakukan kajian mengenai kerentanan Ruang prodi Pend Fisika (Gambar 1) jika terjadi gempa bumi menggunakan pengukuran mikrotremor. Mikrotremor biasa disebut juga sebagai ambient noise yang merupakan getaran konstan yang kecil pada tanah dan lantai yang diakibatkan oleh angin kencang, pasang surut air laut, efek angin pada bangunan atau pohon, mesin industri, mobil, aktivitas manusia, gelombang laut dan lain sebagainya (Sungkono, dkk., 2011).

Pengukuran mikrotremor memiliki banyak keunggulan dibanding pengukuran lain yaitu sangat efektif, cepat, reliabel, akurat dan memberikan hasil pengukuran yang stabil dalam menentukan fungsi transfer (frekuensi, resonansi dan indeks kerentanan bangunan (Sungkono, dkk., 2011) serta mampu menentukan karakteristik kondisi geologi lokal (frekuensi dan amplifikasi tanah) (Prabowo, dkk., 2016).

Penentuan kerentanan bangunan berdasarkan pengukuran mikrotremor dilakukan menggunakan metode Floor Spectral Ratio (FSR) yang dikemukakan oleh (Gosar, dkk., 2010). Metode ini dapat dengan efektif, mudah dan reliabel dalam menentukan nilai frekuensi natural, indeks resonansi dan indeks kerentanan bangunan seperti pada penelitian yang telah dilakukan oleh Sungkono, dkk (2011), Aini, dkk (2012), Prakosa, dkk (2014), Bahri, dkk (2016) serta Prastowo & Prabowo (2017). Metode FSR digunakan dalam penelitian ini karena merupakan metode yang lebih akurat dalam penentuan resonansi tanah dibandingkan Random Decrement Method (RDM) (Aini, dkk., 2012). Selain itu penggunaan metode HVSR dalam analisis spektrum mikrotremor bangunan tidak dianjurkan karena belum ada teori yang valid dalam aplikasi metode HVSR untuk penentuan frekuensi natural bangunan dan tidak akurat jika amplifikasi tanah sangat besar karena kurva HVSR pengukuran di tanah pada luar bangunan bisa dipengaruhi oleh respon dari bangunan (Herak, 2011).

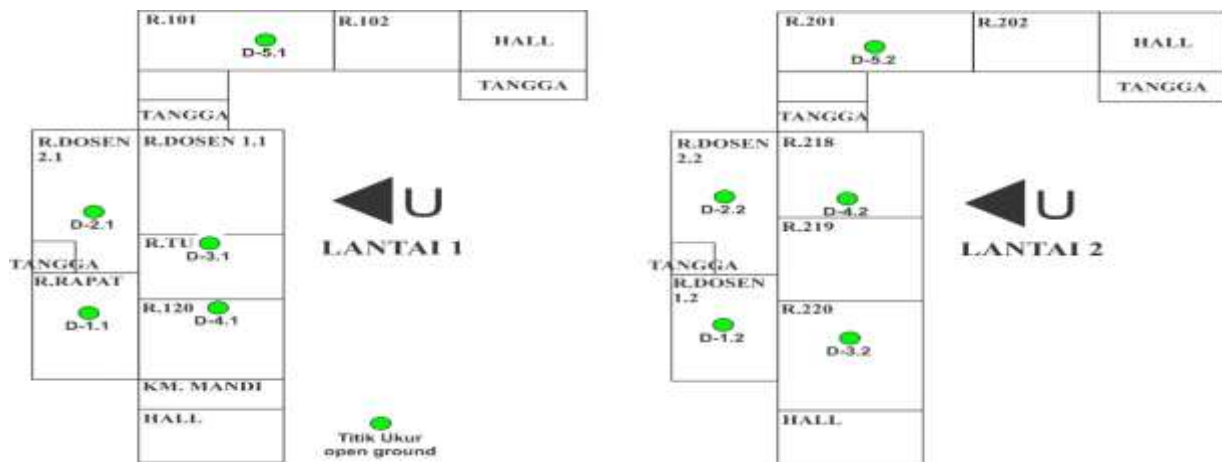
Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran mikrotremor untuk mengetahui tingkat kerentanan ruangan prodi Pend Fisika FKIP UST (Gambar 1) sebagai masukan dalam upaya mitigasi bencana gempa bumi.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Prodi Pend Fisika UST)

## Metode

Lokasi penelitian adalah ruangan prodi Pend Fisika yang memiliki 2 bagian dimana bagian pertama terdiri atas satu ruang kuliah, ruang tata usaha, ruang dosen di lantai 1 dan ruang kuliah di lantai 2. Ruangan-ruangan ini merupakan bagian gedung utama yang didirikan pertama di lingkungan FKIP UST. Sedangkan bagian kedua merupakan ruangan dosen yang terdiri dari 2 lantai dan baru selesai dibuat pada akhir tahun 2015 (Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi Titik Pengukuran

Pengukuran dilakukan di dalam gedung (10 titik) dan satu titik di luar gedung (open ground) selama 45 menit pada tiap titik menggunakan Portable Digital Seismograph TDL 303S milik BMKG Yogyakarta yang memiliki frekuensi sampling 100. Pengolahan data menggunakan software *geopsy* dengan lebar *window* 15 detik, parameter *tapering* 5%. Selanjutnya data mengalami poses *Fast Fourier Transform* FFT dimana data rekaman mikrotremor dalam kawasan waktu dirubah menjadi data dalam kawasan frekuensi (spektrum) pada tiap komponen pengukuran mikrotremor (utara-selatan/NS dan timur-barat/EW). Tahapan selanjutnya adalah menentukan frekuensi natural bangunan yang dapat menyebabkan bangunan beresonansi.

Tingkat kerentanan bangunan terhadap gempabumi ditentukan berdasarkan nilai dari indeks resonansi bangunan dan indeks kerentanan bangunan. Indeks resonansi bangunan ( $R$ ) spektrum tiap komponen (NS dan EW) ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$R = \left| \frac{f_b - f_t}{f_t} \right| \times 100\%$$

dengan,  $f_b$  adalah frekuensi natural bangunan,  $f_t$  adalah frekuensi tanah.

Klasifikasi nilai indeks resonansi menurut Gosar, dkk (2010) adalah

- (1) Resonansi bangunan rendah ( $R > 25\%$ ).
- (2) Resonansi bangunan sedang ( $15\% < R < 25\%$ ).
- (3) Resonansi bangunan tinggi ( $R < 15\%$ ).

Nilai indeks kerentanan bangunan ( $\bar{K}_b$ ) pada penelitian ini dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh Nakamura, dkk (2009 dalam Sungkono, dkk., 2011) sebagai berikut

$$\bar{K}_b = \frac{A}{(2\pi f)^2} \frac{10000}{H}$$

dengan  $A$  adalah amplifikasi lantai gedung paling atas dari analisis FSR,  $f$  adalah frekuensi natural bangunan dari analisis FSR dan  $H$  adalah ketinggian bangunan

## Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 3.

### Frekuensi Natural

Frekuensi natural tanah pada yang diukur di luar ruangan prodi Pend Fisika UST adalah 1,473 Hz (Gambar 3(a)).

Fekuensi natural ruangan prodi Pend Fisika UST pada komponen barat-timur lantai 1 berkisar antara 2,99 - 3,10 Hz dan lantai 2 berkisar antara 3,22 -3,47 Hz dengan rata-rata frekuensi untuk seluruh ruangan adalah 3,19 Hz.

Fekuensi natural ruangan prodi Pend Fisika UST pada komponen utara-selatan lantai 1 berkisar antara 2,99 – 3,22 Hz dan lantai 2 adalah 3.34 Hz dengan rata-rata frekuensi untuk seluruh ruangan adalah 3,22 Hz.

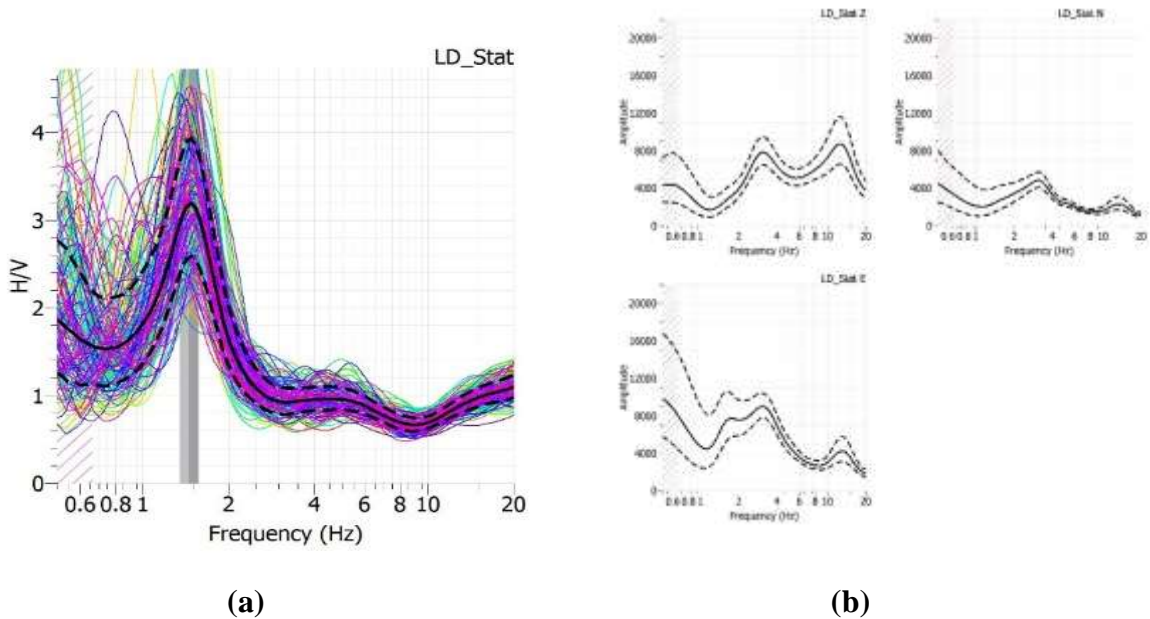
Frekuensi natural rata-rata bangunan ruang prodi Pend Fisika UST nilainya sudah sesuai dengan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI (2002) yaitu lebih dari 2,78 Hz. Nilai rata-rata ini juga lebih besar daripada frekuensi natural tanah sebesar 1,473 Hz.

Penggunaan frekuensi rata-rata dari seluruh lantai dapat digunakan karena dapat mewakili frekuensi natural bangunan ruang secara keseluruhan (Sungkono, dkk., 2011; Sudiyanto, dkk., 2013).

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data

Data	Lokasi	Komponen Timur-Barat (E- W)				Komponen Utara-Selatan (N- S)			
		F	A	R	$K_b$	F	A	R	$K_b$
D-1.2	Lantai 2, R Dosen bagian timur	3.22	8219.96	119.04	5.72	3.34	14316.7	127.21	18.79
D-2.2	Lantai 2, R Dosen 2.2	3.34	10691.2	127.21	7.01	3.34	7750.99	127.21	10.17

	Ruang dosen bagian barat								
D-3.2	Lantai 2, Ruang 220	3.34	7568.26	127.21	4.97	3.34	6213.61	127.21	8.15
D-4.2	Lantai 2, Ruang 218	3.47	6860.67	136.05	4.24	3.34	5249.12	127.21	6.89
D-5.2	Lantai 2, Ruang 201	3.22	8996.45	119.05	6.26	3.34	6567.69	127.21	8.62
D-1.1	Lantai 1, R.Rapat Ruang Rapat dosen	3.1	9002.78	110.88		3.1	4826.45	110.88	
D-2.1	Lantai 1, R Dosen 1.1 Ruang dosen bagian barat	3.1	8566.82	110.88		3.22	4649.5	119.05	
D-3.1	Lantai 1, R TU TU bagian timur	3.1	7947.82	110.88		3.1	4696.72	110.88	
D-4.1	Lantai 1, R.120 Ruang 120	2.99	7208.48	103.40		3.1	3913.4	110.88	
D-5.1	Lantai 1, R.101 Ruang 101	2.99	7157.31	103.40		2.99	3772.12	103.40	



Gambar 3. (a) spektrum frekuensi *open ground* hasil pengolahan data metode HVSr, (b) spektrum hasil pengolahan data 1-1

### Indeks Resonansi

Indeks Resonansi ruangan prodi Pend Fisika UST pada komponen barat-timur lantai 1 berkisar antara 103,40 - 110,88 % dan lantai 2 berkisar antara 119,05 – 136,05 %.

Indeks Resonansi ruangan prodi Pend Fisika UST pada komponen utara-selatan lantai 1 berkisar antara 103,40 - 119,05 % dan lantai 2 adalah 127,21 %.

Berdasarkan klasifikasi menurut Gosar, dkk. (2010), nilai indeks resonansi ruangan prodi Pend Fisika UST termasuk dalam kategori rendah mengalami resonansi karena memiliki nilai  $>25\%$ .

Nilai indeks resonansi menggambarkan kemungkinan bangunan mengalami resonansi akibat getaran gempabumi. Jika indeks resonansi semakin kecil maka frekuensi natural bangunan semakin mendekati (hampir sama) dengan frekuensi tanah sehingga semakin rawan mengalami resonansi gempabumi yang dapat membuat kerusakan pada bangunan. Pada hasil yang di dapatkan, ruangan dosen (R.Dosen 1.2) dan ruang kelas (R.120 dan R.101) memiliki nilai indeks resonansi yang paling kecil sehingga menjadi ruangan yang memiliki resiko mengalami kerusakan yang lebih besar dibandingkan ruangan yang lain.

### Indeks Kerentanan Bangunan

Penentuan nilai Indeks kerentanan bangunan dilakukan setelah memfilter data menggunakan *bandpass filter*. Hal ini dikarenakan adanya *noise* (sinyal yang tidak diinginkan) yang terekam saat pengambilan data. *Noise* tersebut berpengaruh pada nilai amplitudo spektrum sehingga mempengaruhi indeks kerentanan bangunan karena tidak ditentukan dalam kondisi bangunan ruang yang sama (kondisi sepi). Aktivitas yang dilakukan dalam gedung akan menambah energi gangguan gedung sehingga menyebabkan amplitudo maksimum spektrum gedung semakin besar (Sudiyanto, dkk., 2013).

Indeks kerentanan bangunan dihitung berdasarkan amplifikasi lantai bangunan paling atas (Sungkono, et al., 2011) sehingga pada penelitian ini hanya dihitung pada lantai ke dua. Nilai indeks kerentanan bangunan hasil penelitian berkisar antara 4,24 – 18,79. Nilai terbesar pada ruangan dosen lantai 2 (R.Dosen 1.2) dan nilai terkecil pada ruangan kelas lantai 2 (R.218) sehingga ruangan yang paling rentan mengalami kerusakan saat terjadi gempabumi adalah ruangan kelas R.218. Nilai indeks kerentanan bangunan yang rendah menunjukkan frekuensi dominan bangunan yang tinggi dan nilai redaman yang rendah sehingga bangunan tersebut memiliki struktur yang lemah dan berpotensi mengalami kerusakan saat terjadi gempabumi (Sungkono, et al., 2011). Hasil analisis data menunjukkan pada spektrum komponen barat-timur memiliki nilai indeks kerentanan bangunan dan frekuensi dominan yang lebih kecil serta amplitudo spektrum yang lebih besar dibandingkan komponen utara-selatan sehingga bangunan akan lebih banyak berpotensi rusak dan mengalami guncangan pada arah barat-timur.

### Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa frekuensi natural rata-rata bangunan ruang prodi Pend Fisika UST nilainya sudah sesuai dengan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI (2002) yaitu lebih dari 2,78.

Indeks resonansi ruangan prodi Pend Fisika UST termasuk dalam kategori rendah mengalami resonansi karena memiliki nilai  $>25\%$ . Sedangkan indeks kerentanan bangunan bernilai antara 4,24 -18,78 dengan nilai terendah (berpotensi paling tinggi mengalami kerusakan saat gempabumi) berada pada ruangan kelas R.218.

### Daftar Pustaka

Aini, D., Utama, W. & Bahri, A., 2012. Penaksiran Resonansi Tanah dan Bangunan Menggunakan Analisis Mikrotremor Wilayah Surabaya Jawa Timur. *Jurnal Teknik POMITS*, pp. 1-5.

- Bahri, A., Utama, W., Aini, D. & Lutfie, M., 2016. Valuation of Building strength against earthquake Vibrations using Microtremor Analysis (case study: the city of Surabaya). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*.
- Broptopuspito, K., Prasetya, T. & Widigdo, F., 2006. Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943-2006. *Jurnal Geofisika*, Volume 1, pp. 19-22.
- Coburn, A. & Spencer, R., 2002. *Earthquake Protection, second Edition*. Cambridge: John Wiley & Sons.
- Elnashai, A., Kim, S., Yun, G. & Sidarta, D., 2006. *The Yogyakarta Earthquake of May 27, 2006*, Illinois: Mid-America Earthquake Center.
- Gosar, A., Roser, J., Sket, B. & Zupancic, P., 2010. Microtremor Study of Site Effects and Soil Structure Resonance in the City of Ljubljana (Central Slovenia). *B. Earthquake Engineering*, Volume 8, pp. 571-592.
- Herak, M., 2011. Overview of Recent Ambient Noise Measurement in Croatia in Free-Field and in Building. *Geofizika*, Volume 28.
- Konno, K. & Ohmachi, T., 1998. Ground Motion Characteristics Estimated From Spectral Ratio Between Horizontal To Vertical Components Of Microtremor. *Bulletin of the Seismological of America*, 88(1), pp. 228-241.
- Prabowo, U., Marjiyono & Sismanto, 2016. Mapping the Fissure Potential Zones Based on Microtremor Measurement in Denpasar City, Bali. *IOP Conf Series: Earth and Environmental Science*, Volume 29.
- Prakosa, P. et al., 2014. Earthquake Microzonation and Strength Building Evaluation at Gelora Bung Tomo Stadium Surabaya Using Microtremor Method. *7th International Conference on Physics and Its Applications 2014*, pp. 14-19.
- Prastowo, R dan U. N. Prabowo. 2017. Evaluasi Kerentanan Gedung Rektorat STTNAS Terhadap Gempabumi Berdasarkan Analisis Mikrotremor. *Jurnal Angkasa Vol IX (1)*: 83-92
- Sudiyanto, A. D. T. et al., 2013. *Analisis Mikrotremor Untuk Uji Kerentanan Bangunan Gedung Kuliah Pascasarjana FMIPA UGM*, Yogyakarta: S2 Ilmu Fisika, UGM.
- Sungkono, Warnana, D., Triwulan & Utama, W., 2011. Evaluation of Buildings Strength From Mikrotremor Analyses. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 11(5), pp. 93-99.